Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 3, 2024, p. 533-551

Response of Agronomic Characteristics and Yield of Garlic Plant (*Allium sativum* L.) to Different Level of Planting Density and Nutrition

Hadi Khavari[1] **& Masoud Rafiee**[2*]

1- Young Researchers and Elite Club, khorramabad branch, Islamic Azad University, khorramabad, Iran.

2- Crop and Horticultural Science Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran.
(*- Corresponding author's Email: m.rafiei@areeo.ac.ir)

Received: 12-11-2023 Revised: 17-06-2024 Accepted: 03-07-2024 Available Online: 09-11-2024	**How to cite this article:** Khavari, H., & Rafiee, M. (2024). Response of agronomic characteristics and yield of garlic plant (*Allium sativum* L.) to different level of planting density and nutrition. *Journal of Agroecology*, *16*(3), 533-551. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/agry.2024.85318.1174

Introduction

Garlic (Allium sativum L.), a member of the Liliaceae family, is the second most important crop after onion (Allium cepa L.) among vegetables. It is widely used as a food spice and medicinal herb in many parts of the world, making it one of the key crops cultivated during the cool season. Garlic economic yield is affected by various agronomic factors such as optimum planting distance (plant density) and proper supply of the required nutrition (proper nutrition) of this plant. Selection of suitable planting density can increase the productivity of crops. On the other hand, meeting the nutritional needs of crops is also a great necessity in order to increase the production of crops .Humic acid, as a natural and environmentally friendly organic acid, has a positive effect on the absorption of nutrients by crops, and it is very important for the transfer and availability of micronutrient elements in the plant. The most important factor limiting crop yield in many parts of the world, macro and micro nutrient deficiency in soil is more. Suitable nutrition due to the balanced application of fertilizers, with regard to the physiological needs of crops, can reasonably provide access to the expected yield. Nutrition is another factor affecting the growth and performance of garlic plant. Research has shown that the growth and yield of this plant is largely influenced by the management of supply of various nutrients.

Materials and Methods

This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2016- 2017 at the experimental field of beiranshahr city of Khorramabad in

https://doi.org/10.22067/agry.2024.85318.1174

Lorestan Province, Iran. Before conducting the experiment to determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 cm depth of soil. The treatments were comprised of two factors were studied: Planting density at three levels: D_1, D_2 D_3; 32, 42 and 52 Density (Plant. m^{-2}), respectively and Nutrition On four levels: N_1, N_2, N_3 and N_4 (control, Humic acid, totalize fertilizer 20-20-20, Humic acid+Totalize fertilizer 20-20-20), respectively. For treated with humic acid, Garlic cloves before planting in a proportion of 50 ml per kilogram Clove were treated. Totalize fertilizer 20-20-20 was used at the rate of 80 kg/ha in farm. Traits such as: plant height, stem diameter, leafs number, Garlic diameter, cloves number in garlic, Garlic weight, economic yield were measured. In this study, Hamedan White Garlic was used for cultivation.

Results and Discussion

The results indicated that the main effects of nutrition, plant height, and the number of cloves in garlic were significant, as well as the interaction between planting density and nutrition (treatment 42: density in plants per square meter with Totalize fertilizer 20-20-20). Significant increases were observed in stem diameter, number of leaves, garlic diameter, garlic weight, and economic yield. The analysis of variance (Table 4) revealed that nutrition had a significant effect on plant height ($p \leq 0.01$). The main effect of planting density was significant ($p \leq 0.05$), while both nutrition ($p \leq 0.001$) and the interaction of planting density and nutrition ($p \leq 0.01$) significantly affected stem diameter and the number of leaves. Additionally, nutrition and the interaction of planting density and nutrition had significant effects on garlic diameter ($p \leq 0.001$). According to the analysis of variance (Table 4), nutrition had a significant effect ($p \leq 0.01$) on the number of cloves. The results also demonstrated that the main effects of density and nutrition, as well as their interaction, positively and statistically significantly influenced garlic weight and economic yield at the $p \leq 0.001$ level.

Conclusions

The results of this experiment showed that the garlic plant exhibited varying responses to different planting densities and levels of nutrition. Increasing planting density reduced plant height, stem diameter, leaf number, garlic diameter, Cloves number in garlic and garlic weight. Increasing the plant density of garlic from 32, 42 to 52 plants. $^{-2}$ significantly increased the economic yield, respectively. Because of increase of garlic planted per hectare. The results showed that the effect of different level of Planting Density and Nutrition was significant on garlic grain yield. The highest mean of garlic grain yield as a provision service was obtained from 42 Plants per m^{-2} in nutrition with totalize fertilizer 20-20-20 (25756 kg. ha^{-1}) and the lowest garlic grain yield was obtained in control treatment with non-fertilizer application and 32 plants per m^{-2} (14314 kg. ha^{-1}). Therefore, with the optimal use of this fertilizer (Humic acid and totalize fertilizer), the effects of growth and yield on plants are somewhat enhancement, and it is recommended for using in a similar climate.

Keywords: Cloves number, Hamedan White Garlic, Totalize micronutrient fertilizer, Humic acid

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص ۵۵۱-۵۳۳

پاسخ خصوصیات زراعی و عملکرد گیاه سیر (*Allium sativum* L.) به سطوح مختلف تراکم کاشت و تغذیه

هادی خاوری[1] و مسعود رفیعی[2]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی و مقایسه اثر تراکم کاشت و تغذیه بر خصوصیات زراعی و عملکرد گیاه سیر (*Allium sativum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه بیران‌شهر لرستان در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورها شامل تراکم کاشت در سه سطح (۳۲، ۴۲ و ۵۲ بوته در مترمربع) و تغذیه در چهار سطح (شاهد، اسید هیومیک، کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ و اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰) بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده تراکم کاشت بر قطر ساقه، تعداد برگ، وزن و عملکرد سیر؛ و اثر تیمارهای تغذیه بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، قطر سیر، تعداد سیرچه، وزن و عملکرد سیر معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تیمارهای تراکم و تغذیه بر قطر ساقه، تعداد برگ، قطر، وزن و عملکرد سیر معنی‌دار بود. بیشترین میانگین قطر سیر (۷/۳ سانتی‌متر) و وزن سیر (۸۶/۳۳ گرم) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در شرایط تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ مشاهده شد. بیشترین میانگین عملکرد سیر به‌ترتیب (۲۵۷۵۶، ۲۴۸۲۱ و ۲۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تراکم کاشت ۴۲ بوته در مترمربع در تیمار تغذیه با کود کامل؛ تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در تیمار تغذیه با کود کامل؛ و تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل به‌دست آمد؛ که نسبت به کمترین میانگین عملکرد سیر (۱۴۳۱۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در شرایط تیمار عدم تغذیه به‌ترتیب به‌میزان ۷۹/۹، ۷۳/۴ و ۷۲/۵ درصد افزایش نشان داد. به‌طور کلی، این نتایج نشان داد که تغذیه، رشد و عملکرد گیاه سیر را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. تغذیه گیاه سیر با اسید هیومیک و کود کامل می‌تواند از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای و اندام‌های هوایی و همچنین بهبود جذب آب، فراهمی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و نیز تراکم مطلوب بوته‌ها برای استفاده حداکثر از منابع موجود، موجب بهبود رشد و خصوصیات زراعی به‌ویژه قطر و وزن سیر و در نتیجه، افزایش تولید و عملکرد گیاه سیر گردد که می‌تواند در جهت حفظ سلامت محیط زیست و افزایش محصول تولیدی و همچنین بهبود خصوصیات زراعی و عملکرد این گیاه با ارزش مد نظر قرار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، تعداد سیرچه، سیر سفید همدان، کود کامل ریزمغذی

مقدمه

سیر (*Allium sativum* L.) متعلق به خانواده Liliaceae و جنس *Allium* می‌باشد. این جنس شامل بیش از ۶۰۰ گونه مختلف است که در سراسر آمریکای شمالی، اروپا، شمال آفریقا و آسیا یافت می‌شود. در حدود ۳۰ گونه آن به‌طور مستقیم برای اهداف خوراکی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها شامل پیاز خوراکی (*Allium Cepa* L.)، سیر، تره فرنگی (*Allium porrum* L.)، پیازچه (*Allium*

۱- عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خرم آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، خرم آباد، ایران.
۲- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم آباد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: m.rafiei@areeo.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2024.85318.1174

(*schoenoprasum* L. و موسیر (*Allium ascalanicum* L.) است (Leisova-svobodova et al., 2023). گیاه سیر به‌عنوان ادویه و دارو در بسیاری از نقاط جهان به‌طور گسترده استفاده می‌شود (Carson, 1987Rahman et al., 2012;) و یک محصول مناسب برای کشت در فصل سرد است (El-Sabban & Abouazra, 2008). این گیاه دارویی دارای خواص ضدمیکروبی، آنتی‌پروتوزوآل (از بین بردن باکتری‌ها و انگل‌ها)، آنتی‌موتاژن (ضدجهش‌زا)، آنتی پلاکتیت (رقیق‌کننده خون) و ضد چربی خون است، همچنین آلیسین به‌عنوان مهم‌ترین ماده مؤثره سیر به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان قوی شناخته شده است (Rahman et al., 2012). امروزه این گیاه علاوه‌بر خواص ادویه‌ای و دارویی فراوان، به یک گیاه صنعتی با ارزش تجاری بالا تبدیل شده است. عملکرد سیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر عوامل مختلف مدیریت زراعی شامل رعایت تراکم کاشت مطلوب در بین بوته‌ها و همچنین کاربرد مناسب مواد غذایی مورد نیاز این گیاه در طی مراحل رشد آن می‌باشد (Muneer et al., 2017 ; Nori et al., 2012; Hacıseferogulları et al., 2005).

کشت محصولات زراعی با رعایت تراکم کاشت مطلوب یکی از مهم‌ترین عواملی است که از طریق کمک به استفاده حداکثر گیاه از منابع خاک و آب نقش مهمی در افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آن دارد؛ افزایش نامطلوب تعداد بوته در واحد سطح می‌تواند موجب افزایش رقابت درون گونه‌ای در جذب نور، آب و مواد غذایی گردیده است و در نهایت، کیفیت محصول تولیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ تراکم گیاهی پایین‌تر از حد مطلوب نیز به‌واسطه کاهش تعداد گیاه در واحد سطح، عملکرد اقتصادی مناسبی نخواهد داشت (Geremew et al., 2010; Rahman & Talukdar, 2003; Etoh & Simon, 2002)

در این رابطه، محققان در پژوهش‌های مزرعه‌ای متعددی، اثربخشی تراکم کاشت را بر عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه سیر گزارش نموده‌اند. در پژوهشی، اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و آنتی‌اکسیدان در دو اکوتیپ سیر با تراکم‌های کاشت مختلف ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع، بررسی و گزارش شد که برای حصول عملکردی مناسب، باید از مواجهه این گیاه با تنش خشکی اجتناب نمود و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با توجه به پاسخ مناسب سیر و کسب عملکرد بالاتر نسبت به دو تراکم کاشت دیگر، به‌عنوان تراکم مطلوب شناخته شد (Akbari et al., 2016a).

در مطالعه دیگری گزارش شد که افزایش تراکم، باعث کاهش وزن تر و خشک سوخ، قطر و وزن خشک سیرچه و افزایش ارتفاع و عملکرد سیر و تعداد سیرچه در سوخ گردید و تراکم کاشت مطلوب نیز با توجه به حصول مقادیر بیشتر ارتفاع بوته، تعداد سیرچه در سوخ و عملکرد بالاتر، تراکم کشت ۵۵ بوته در مترمربع بود (Akbari et al., 2016b).

در تحقیقی در کشور پاکستان نیز اثر تراکم کاشت ۳۸ بوته در مترمربع بر رشد، عملکرد و کیفیت سیر مثبت و معنی‌دار گزارش شد، به‌طوری‌که عملکرد سیر در این تراکم کاشت نسبت به تراکم‌های کاشت ۲۴ و ۳۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب به‌میزان ۱۷/۶ و ۱۰/۳ درصد افزایش تولید اقتصادی را نشان داد (Muneer et al., 2017). در پژوهش دیگری نیز بیان شد که تراکم کاشت موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و وزن سیر گردید و تراکم کاشت ۷۴۰ هزار بوته در هکتار با ۲۴۱۰۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد را داشت (Khodadadi & Nosrati, 2011).

از طرفی، مدیریت زراعی مطلوب و همچنین فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاه که در افزایش عملکرد نقش معنی‌داری دارند، دارای ضرورت زیادی است؛ بهره‌وری در بوم‌نظام‌های زراعی تا حد زیادی تحت تأثیر رعایت فاصله مناسب بین بوته‌ها (تراکم بوته مطلوب) و تغذیه مناسب گیاهان قرار می‌گیرد که این عوامل می‌توانند موجب تغییر در مراحل فنولوژی و عملکرد نهایی گیاهان زراعی گردند (Trani et al., 2008; Fernandes et al., Souza et al., 2011 ; 2011).

اسید هیومیک به‌عنوان یک اسید آلی طبیعی و سازگار با محیط زیست، اثر مثبتی بر جذب مواد غذایی توسط گیاهان زراعی دارد و برای انتقال و در دسترس بودن عناصر ریزمغذی در گیاه بسیار مهم است. ۶۵ تا ۷۰ درصد مواد آلی موجود در خاک شامل مواد هیومیک (اسیدهای هیومیک و فلاویک) می‌باشد؛ که این ترکیبات محصول تجزیه بافت‌های گیاهی هستند، و به‌طور عمده مشتقاتی از چوبی شدن دیواره سلولی می‌باشند.گروه‌های اصلی در بردارنده اسید هیومیک شامل کربوکسیل‌ها، هیدروکسیل‌های فنل، هیدروکسیل‌های الکل، کتون‌ها و کینون‌ها می‌باشند (Bohme & Thi Lua, 1997 ; Russo & Berlyn, 1990). در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید هیومیک به‌عنوان یک اسید آلی بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی موجب بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به‌دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثرات مثبت و معنی‌داری بر

شاخص‌های کمّی و کیفی محصولات زراعی دارد (Koocheki et al., 2016).

در پژوهشی گزارش شد که کاربرد اسید هیومیک اثر مثبت و معنی‌داری بر بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) داشت (Koocheki et al., 2016). در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است که اسید هیومیک بر تعداد برگ، تعداد سیرچه، وزن سیرچه، عملکرد سیر، محتوای کلروفیل، درصد اسانس و میزان آلیسین گیاه سیر به‌طور قابل توجهی اثرگذار بوده است (Zeinali & Moradi., 2015). در پژوهش دیگری گزارش شد که محلول‌پاشی اسید هیومیک می‌تواند موجب افزایش عملکرد سیر، کیفیت و همچنین طول عمر انبارداری سیر شود (Abdel-Razzak & El-Sharkawy, 2013).

از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی در بسیاری از نقاط دنیا، کمبود عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در بیشتر خاک‌های زراعی است (FAO, 2003). تغذیه مناسب به‌واسطه کاربرد متعادل کودها، با توجه به نیازهای فیزیولوژیکی گیاهان زراعی می‌تواند منجر به دستیابی عملکرد مورد انتظار گردد (Ryan, 2008). تحقیقات نشان داده است که رشد و عملکرد این گیاه تا حد زیادی تحت تأثیر مدیریت عرضه عناصر غذایی مختلف قرار می‌گیرد (Diriba-Shiferaw et al., 2013).

با توجه به اهمیت گیاه دارویی و صنعتی سیر و همچنین لزوم دستیابی به روش‌های مناسب کشت و تولید با کیفیت این گیاه، پژوهش حاضر با هدف دستیابی به بهترین تراکم کاشت و شرایط تغذیه‌ای برای این گیاه باارزش، در منطقه بیران‌شهر استان لرستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر تراکم کاشت و تغذیه بر رشد و عملکرد گیاه سیر، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل برمبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران‌شهر استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۳ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل تراکم کاشت در سه سطح (۳۲ $D_1=$، ۴۲ $D_2=$ و ۵۲ $D_3=$ بوته در مترمربع) و تغذیه در چهار سطح (شاهد $N_1=$، اسید هیومیک $N_2=$، کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ $N3=$ و اسید هیومیک به همراه کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ $N_4=$) بودند. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل به کشت گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) اختصاص داشت. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. توصیه کودی با توجه به نتایج آزمایش خاک انجام شد به این صورت که میزان ۹۵ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم K_2SO_4 (محتوی ۵۰ درصد پتاسیم و ۱۷/۵ درصد گوگرد)، ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود دی آمونیوم فسفات گرانوله P_2O_5 (محتوی ۴۶ درصد فسفر و ۱۸ درصد نیتروژن) به‌صورت دست‌پاش و مخلوط با خاک مزرعه قبل از کاشت سیرچه‌ها و همچنین کود نیتروژن N_2 گرانوله از منبع اوره ۴۶ درصد به‌میزان ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک و همراه با آبیاری اول به‌صورت دست‌پاش در اختیار بوته‌ها قرار گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental field

عمق Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (mg.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	آهن Fe (mg.kg^{-1})	منگنز Mg (mg.kg^{-1})	روی Zn (mg.kg^{-1})	مس Cu (mg.kg^{-1})	شن Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)	بافت Texture
0-30	7.2	0.59	0.68	0.09	9.7	251	3.92	5.80	0.97	0.89	5	58	37	لوم رسی سیلت دار Silty Clay Loam

در این آزمایش، اسید هیومیک با نام تجاری (HUMIXTRACT) ساخت کشور اسپانیا و کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ با نام تجاری (NutriPad) ساخت شرکت پادنا کود (PADENA fertilizer) ایران (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفت و سیرچه‌های بذری (سیر سفید) از کشاورزان منطقه تویسرکان استان همدان تهیه شد.

جدول ۲- مشخصات اسید هیومیک و کود کامل مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Characteristics of humic acid and Totalize fertilizer used in the experiment

نام تجاری Commercial name	محتوا Content					
	کل عصاره هیومیک Total humic extract (%)	اسید هیومیک Humic acids (%)	پلی کربوکسیلیک اسید Polycarboxilic acid (%)	کل ماده آلی Total organic matter (%)	اکسید کلسیم Calcium oxide (%)	اکسید پتاسیم Potassium oxide (%)
Humixtract	70	38	32	70	1	10

نام تجاری Commercial name	عناصر غذایی پر مصرف Macro Nutrients (%)			عناصر غذایی کم‌مصرف Micro nutrients (ppm)						
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	بور B	مس Cu	آهن Fe	منیزیم Mn	مولیبدن Mo	روی Zn	آمینو اسید Amino acid
NutriPad 20-20-20	20	20	20	200	300	1200	300	50	900	8000

جهت آماده‌سازی بستر کاشت، پس از برداشت محصول لوبیا، زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگردان‌دار در اوایل مهر ماه سال ۱۳۹۵ شخم زده شد. پس از تسطیح زمین، توسط فاروئر شیارهایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر ایجاد شد و سپس سیرچه‌ها به‌روش دستی در عمق پنج تا هشت سانتی‌متری خاک و در تاریخ ۲۵ آبان ماه ۱۳۹۵ به‌صورت انتظاری (بدون انجام آبیاری در زمان کاشت به‌دلیل شروع بارندگی در زمان کاشت) کشت شدند. هر واحد آزمایش شامل چهار خط کاشت به‌طول شش متر با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بین ردیف‌های کاشت به‌طور ثابت و فاصله سیرچه‌ها روی ردیف به‌ترتیب ۱۰/۵، ۸ و ۶/۵ سانتی‌متر برای رسیدن به تراکم‌های کاشت ۳۲، ۴۲ و ۵۲ بوته در مترمربع بود. فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. برای تیمارهای تغذیه با اسید هیومیک، سیرچه‌ها قبل از کاشت به‌نسبت ۵۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر کیلوگرم سیرچه تیمار شدند (Ghasemi et al., 2020). کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شد. به این صورت که قبل از کاشت، پس از ایجاد شیار، مقدار مشخص شده از کود کامل در طول خط کاشت در زیر سیرچه‌ها ریخته شد و سپس روی آن با خاک پوشانده شد. اولین بارندگی مؤثر برای مزرعه در تاریخ ۱۲ آذر ماه ثبت شد و مجموع بارندگی تا پایان فصل رشد در حدود ۴۵۲/۵ میلی‌متر بود. میانگین بارندگی و درجه حرارت در طول فصل رشد براساس آمار هواشناسی استان لرستان در جدول ۳ آورده شده است.

برای محاسبه نیاز این گیاه در منطقه مورد آزمایش از نرم‌افزار بهینه‌سازی و برنامه‌ریزی مدیریت مصرف آب کشاورزی[1] استفاده شد. آبیاری با روش فارویی در طی مراحل رشدونمو براساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه توسط پمپ آب دیزلی انجام شد. اولین آبیاری پس از پایان بارندگی در ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۶ در ۱۷۴ روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری هر شش روز یک بار انجام شد. شروع سبز شدن بوته‌ها و حضور گیاهچه‌های سیر در سطح زمین در نیمه دوم اسفند ماه بود. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشدونمو گیاه سیر با احتساب مرحله آخر آبیاری (جهت سهولت در برداشت) در حدود ۱۰۵۸/۴ مترمکعب در هکتار (توسط کنتور آب هوشمند کشاورزی نصب شده در دهانه لوله پمپ دیزلی اندازه‌گیری شد) و تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد هشت مرحله بود و محصول نهایی در تاریخ ششم تیر ماه ۱۳۹۶ برداشت شد. مبارزه با علف‌های هرز در طی مراحل رشدونمو بوته‌ها به‌صورت وجین دستی و طی سه مرحله انجام شد. پس از پایان بارندگی و بالا رفتن درجه حرارت هوا، علائم آلودگی به بیماری زنگ در اثر قارچ *Puccinia allii* در مزرعه مشاهده گردید که جهت مبارزه علیه این بیماری در مرحله یوردینیوم (اوایل فصل رشد زنگ) از سم قارچ‌کش پروپیکونازول (Propiconazole) با نام تجاری تیلت ساخت شرکت بهاور شیمی ایران به‌نسبت ۱/۲۵ در هزار استفاده شد.

1- Optimizing Agricultural Water Use and Management (OPTIWAT)

جدول ۳- آمار هواشناسی استان لرستان در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵
Table 1- Meteorological statistics of Lorestan province in 2016-17 crop year

ماه Month	بارندگی Rainfall (mm)	حداقل دمای مطلق Absolute minimum temperature (°C)	حداکثر دمای مطلق Absolute maximum temperature (°C)	تعداد روزهای یخبندان Number of frost days	رطوبت نسبی Relative humidity (%)
مهر October	14	7.4	35.4	0	36
آبان November	190.8	1.5	28.2	0	69
آذر Desember	125.4	-4.8	20.4	14	67
دی January	57.5	-3.7	18.8	17	65
بهمن February	30.6	-5.4	19.2	16	60
اسفند March	63.9	-0.2	23	2	58
فروردین April	244	-0.6	23.4	0	62
اردیبهشت May	17.2	4.5	37	0	52
خرداد June	0	8.3	39	0	32

در پایان فصل رشد، بعد از گذشت ۲۲۳ روز پس از کاشت و با مشاهده علائم رسیدگی برداشت (خشک شدن برگ‌های پایین و نوک برگ‌های بالا و همچنین باریک شدن طوقه) برداشت بوته‌ها جهت تعیین عملکرد با در نظر گرفتن اثر حاشیه (حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) در سطح ۱/۵ مترمربع انجام شد و پس از خشک کردن تا رسیدن به رطوبت مناسب برای انبارداری (بوته‌ها به‌صورت دسته‌های ۱۵ تایی در سایه به‌صورت آویزان قرار گرفت تا اینکه بعد از گذشت حدود ۲۵ روز با توزین تصادفی به وزن ثابتی رسیدند) عملکرد سیر اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، قطر سیر، تعداد سیرچه در سیر و وزن سیر با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی تعیین شد. به این صورت که برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در پایان مراحل رشد رویشی گیاه با در نظر گرفتن اثر حاشیه ارتفاع ۱۰ بوته (از طوقه گیاه تا بالاترین سطح گیاه) از هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه توسط متر فلزی اندازه‌گیری شد و در نهایت، میانگین حسابی این اعداد به‌عنوان ارتفاع بوته ثبت شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه نیز در پایان مرحله رشد رویشی گیاه با در نظر گرفتن اثر حاشیه، قطر ساقه ۱۰ بوته (قسمت بالای طوقه گیاه) از هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه توسط کولیس ورنیه‌دار اندازه‌گیری شد و در نهایت، میانگین حسابی این اعداد به‌عنوان قطر ساقه ثبت شد. همچنین با در نظر گرفتن اثر حاشیه، تعداد برگ‌های ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه شمارش شد و در نهایت، میانگین حسابی این اعداد به‌عنوان تعداد برگ در بوته ثبت شد. برای اندازه‌گیری قطر سیر نیز در مرحله برداشت نهایی بوته‌ها با در نظر گرفتن اثر حاشیه، قطر سیر ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه توسط کولیس ورنیه‌دار اندازه‌گیری شد و در نهایت، میانگین حسابی این اعداد به‌عنوان قطر سیر ثبت شد. همچنین با در نظر گرفتن اثر حاشیه، تعداد سیرچه‌ها یا حبه در سیر ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه شمارش شد و در نهایت، میانگین حسابی این اعداد به‌عنوان تعداد سیرچه در سیر ثبت شد. همچنین وزن سیر تعداد ۱۰ بوته از هر واحد آزمایشی به‌صورت جداگانه نیز با در نظر گرفتن اثر حاشیه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱گرم توزین و در نهایت، میانگین حسابی این اعداد به‌عنوان وزن سیر ثبت شد (مقادیر ارائه شده به‌عنوان وزن سیر یا محصول نهایی شامل وزن ساقه‌های متصل به سیرچه یا حبه

به‌طول حدود ۱۰ سانتی‌متر و مجموع سیرچه‌های سیر مـی باشـد). در نهایـت، داده‌هـا بـا اسـتفاده از نـرم‌افـزار SAS Ver 9. 1. 3 تجزیـه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شـد. برای محاسبه ضرایب همبستگی از نرم‌افزار SPSS Ver 16.0 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش (جـدول ۴) اثر تغذیه ($p\leq ۰/۰۱$) بر ارتفاع بوته گیاه سیر معنی‌دار بود.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم کاشت (D) و تغذیه (N) بر صفات مورد مطالعه سیر

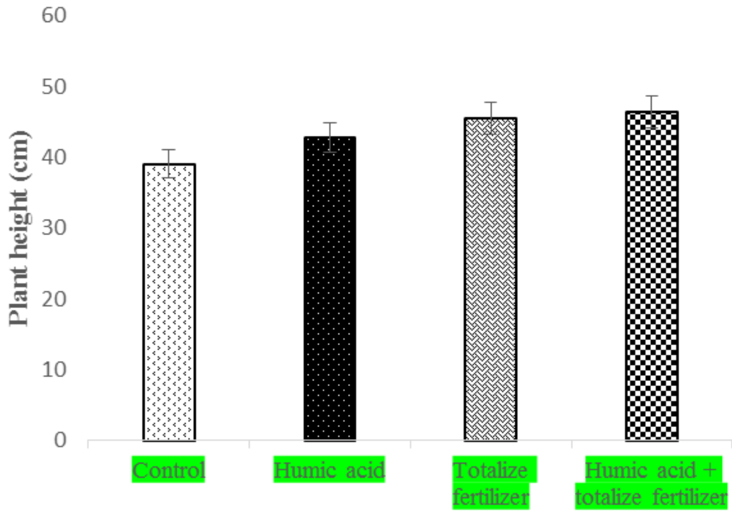
Table 4- Analysis of variance (mean of squares) the effect of (D) Density and (N) Nutrition on studied traits of garlic

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leafs number	قطر سیر Garlic diameter	تعداد سیرچه در سیر Cloves number in garlic	وزن سیر Garlic weight	عملکرد سیر Garlic yield
تکرار Replication	2	25.54 ^{ns}	0.093 ^{ns}	0.246 ^{ns}	0.465 ^{ns}	1.36 ^{ns}	45.90 ^{ns}	5874268.0 ^{ns}
تراکم Density (D)	2	15.21 ^{ns}	0.238 *	11.98 **	1.121 ^{ns}	19.44 ^{ns}	1180.30 ***	53828397.5 **
تغذیه Nutrition (N)	3	98.11 **	1.154 ***	25.36 ***	9.84 ***	37.13 **	1222.92 ***	100562434.2 ***
D × N	6	32.55 ^{ns}	0.399 **	10.43 **	3.08 ***	17.17 ^{ns}	694.91 ***	41830647.5 ***
خطا Error	22	17.33	0.062	1.518	0.334	8.482	26.49	4198487.0
ضریب تغییرات C.V (%)	-	9.58	14.96	10.19	9.76	24.55	9.45	9.87

***: معنی دار در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۰۱$)؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۱$)؛ *: معنی‌دار در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۵$) و ns: غیرمعنی‌دار.

ns: nonsignificant; *: significant at P≤0.05; **: significant at P≤0.01 and ***: significant at P≤0.001.

ارتفاع بوته در سطوح مختلف تیمار تغذیه نسبت بـه شـاهد (عـدم کاربرد اسید هیومیک و کود کامل ریزمغذی) افزایش معنی‌داری نشان داد؛ مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع بوتـه (۴۶/۴۴ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تغذیـه بـا اسـید هیومیـک + کـود کامـل ۲۰-۲۰-۲۰ بـوده و کمتـرین میـزان آن (۳۹/۰۵ سـانتی‌متـر) مربوط به شاهد بود، به‌طوری‌که ارتفاع بوته در تیمـار تغذیـه بـا اسـید هیومیک + کـود کامـل ۲۰-۲۰-۲۰ بـه‌میزان ۱۸/۹ درصـد بیشـتر از شاهد بود (شکل ۱). این موضوع نشان می‌دهد که کاربرد دوگانه اسید هیومیک و کودکامل ریزمغذی احتمالاً به‌واسطه افزایش حجم ریشه و همچنین در کنار فراهمی عناصر غذایی در خاک مزرعـه، توانسـت در جذب آب و مواد غذایی به گیاه سیر کمک بیشتری کرده و موجب شد که اثر مثبت و معنی‌دار بر رشد این گیاه و در نتیجـه، افـزایش ارتفـاع بوته بگذارد. در این خصوص گزارش شده است که اسید هیومیـک بـا اثر مثبـت بـر متابولیسـم سـلول‌هـای گیـاهی و همچـنین بـا قـدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غـذایی سـبب افـزایش رشـد و ارتفاع گیاه سیر می‌شود (Yousif, 2018). سایر محققان نیز گـزارش کردند که فراهمی بیشتر عناصر غذایی قابـل دسـترس بـرای گیـاه از طریق مصرف متعادل کودهای شیمیایی ریزمغـذی مـی‌توانـد موجـب بهبود رشد رویشی و در نتیجه، افزایش ارتفاع بوته در گیاه سیر گـردد (Khorramdel & Shooride, 2012). همچنین در رابطه با توسعه زیست‌توده اندام‌های هوایی و افزایش ارتفاع بوته به‌واسطه به‌کارگیری اسید هیومیک و عناصر غذایی در خاک مزرعه، نتایج مشابهی توسـط سایر پژوهشگران در گیاه سیر (Abdel-Razzak & El-Sharkawy, 2013; Diriba-Shiferaw et al., 2013; Zaki et al., 2014; Zaman et al., 2011) و پیـاز خـوراکی (Abreham et al., 2014) گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



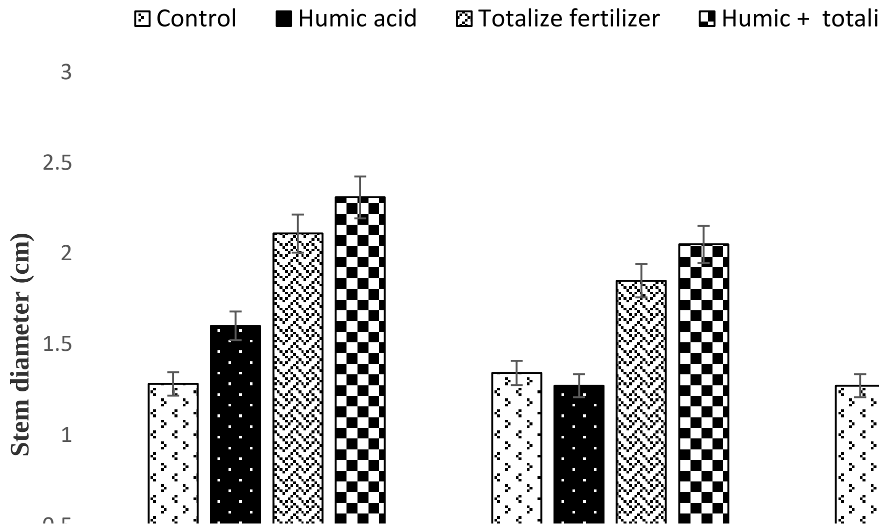
شکل ۱- اثر ساده تغذیه بر ارتفاع بوته سیر

Fig. 1- Main effect of nutrition on plant height of garlic

plant height Last Significant Differnce 4.07 (LSD 0.05)

قطر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تراکم کاشت (p≤ ۰/۰۵)، تغذیه (p≤ ۰/۰۰۱) و اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه (p≤ ۰/۰۱) بر قطر ساقه گیاه سیر معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر قطر ساقه نشان داد که کاربرد همزمان اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ تفاوت معنی‌داری را در قطر ساقه گیاه سیر در مقایسه با شاهد داشت، به‌طوری‌که بیشترین میزان قطر ساقه (۲/۳۱ سانتی‌متر) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در شرایط تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد که نسبت به کمترین میزان قطر ساقه (۱/۲۷ سانتی‌متر)، در تیمار تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در شاهد، به‌میزان ۸۱/۸ درصد افزایش داشت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر قطر ساقه سیر

Fig. 2- Effect of intraction density and nutrition on stem diameter of garlic

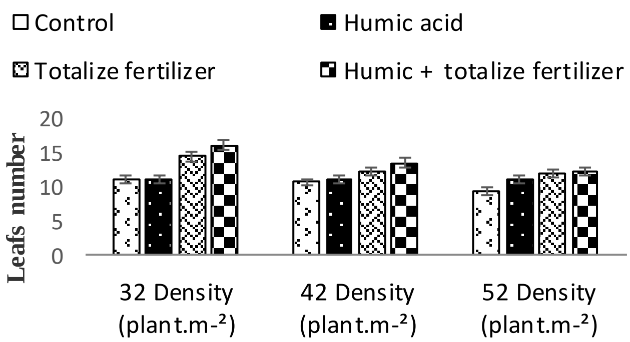
stem diameter Last Significant Differnce 0.423 (LSD 0.05)

نتایج این آزمایش نشان داد که قطر ساقه گیاه سیر به‌طور معنی-دار تحت تأثیر تراکم کاشت و تغذیه قرار گرفت. به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته (۵۲ بوته در مترمربع)، شرایط رقابتی بر سر جذب نور، آب و مواد غذایی در بین بوته‌ها ایجاد شده و به‌دنبال آن، قطر ساقه نسبت به تراکم‌های پایین‌تر (۳۲ و ۴۲ بوته در مترمربع) کاهش یافته است. در این پژوهش با افزایش تراکم، قطر ساقه در گیاه سیر کاهش یافت. از طرفی، کاربرد اسید هیومیک در کنار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ توانست تا حد زیادی این کاهش قطر ساقه را که به‌دلیل شرایط تغذیه‌ای ایجاد شده بود را جبران کند؛ از این طریق که ممکن است با فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز بوته‌ها، موجب بهبود استقرار بوته‌ها و در نتیجه، افزایش قطر ساقه گردید، به‌طوری‌که قطر ساقه در تیمار تراکم بوته ۳۲ (۲/۳۱ سانتی‌متر)، ۴۲ (۲/۰۵ سانتی‌متر) و ۵۵ (۱/۶۶ سانتی‌متر) بوته در مترمربع در شرایط تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ نسب به شاهد (۱/۲۹ سانتی‌متر) به‌ترتیب به‌میزان ۷۹/۰۶، ۵۸/۹ و ۲۸/۶ درصد افزایش یافت (شکل ۲). محققان گزارش کردند که اسید هیومیک می‌تواند موجب جذب بهتر آب و انتقال مواد غذایی در گیاه شده و از این طریق، سبب افزایش رشد ریشه و قطر ساقه می‌گردد (Moghbeli & Arvin, 2014). همچنین محققان گزارش کردند که قطر ساقه سیر در تیمار کاربرد اسید هیومیک نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد، به طوری‌که قطر ساقه در تیمار کاربرد اسید هیومیک افزایش ۱۲/۷ درصدی را نشان داد (Ghasemi et al., 2020). در رابطه با اثر تغذیه با اسید هیومیک و کود کامل ریزمغذی بر بهبود شاخص‌های رشد و قطر ساقه نیز نتایج مشابهی توسط دیریبا- شیفراو و همکاران (Diriba-Shiferaw et al., 2013) و عبدل- رزاک و ال- شرکاوی (Abdel-Razzak & El-Sharkawy, 2013) روی گیاه سیر، آلام و همکاران (Alam et al., 2010) روی پیاز خوراکی، گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

تعداد برگ در بوته

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثر تراکم کاشت (p≤ ۰/۰۱)، تغذیه (p≤ ۰/۰۰۱) و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه (p≤ ۰/۰۱) بر تعداد برگ در بوته گیاه سیر اثرگذار بود.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاربرد توأم اسید آلی طبیعی و کود کامل، تعداد برگ در بوته گیاه سیر افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین شمار برگ در بوته (۱۶/۱۳ برگ) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع و کاربرد همزمان اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ نسبت به کمترین میزان آن (۹/۳۳ برگ) در تیمار تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در شاهد به‌میزان ۷۲/۸ درصد افزایش داشت (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر تعداد برگ سیر

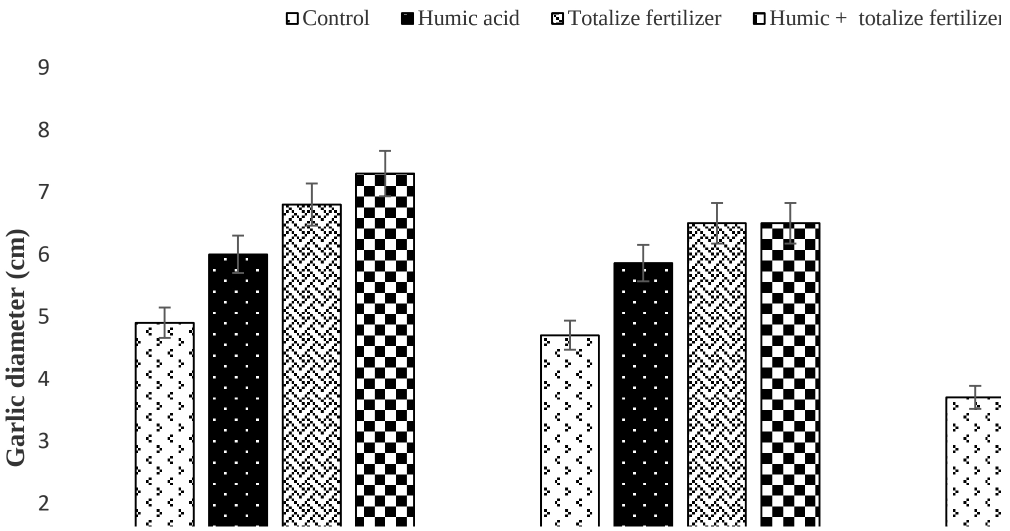
Fig. 3- Effect of intraction density and nutrition on leafs number of garlic

leafs number Last Significant Differnce 2.08 (LSD 0.05)

به نظر می‌رسد که تراکم کاشت با تعداد برگ در بوته رابطه معکوس و تغذیه با تعداد برگ در بوته گیاه سیر رابطه مستقیم دارد، به‌طوری‌که با افزایش تراکم، ارتفاع بوته و در نتیجه، تعداد برگ در بوته کاهش می‌یابد. در این رابطه می‌توان بیان داشت که کاهش تراکم و ایجاد فضای مناسب رشد برای بوته‌ها احتمالاً می‌تواند موجب کاهش رقابت در بین بوته‌ها برای دستیابی به نور و در نتیجه، رشد بهتر آن‌ها در کنار تغذیه مناسب گردد. در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام شده نتایج مشابهی توسط شافک و همکاران (Shafeek et al., 2015)، عبدل- رزاک و ال- شرکاوی (Abdel-Razzak & El-Sharkawy, 2013) و همچنین زینلی و همکاران (Zeinali & Moradi, 2015) بر گیاه سیر در رابطه با اثر تراکم کاشت و به‌کارگیری اسید هیومیک و کودهای زیستی و آلی در افزایش رشد و تعداد برگ در بوته گزارش‌شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

قطر سیر

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثر تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه (p≤ ۰/۰۰۱) بر قطر سیر معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان قطر سیر (۷/۳ سانتی‌متر) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ و کمترین آن (۳/۷ سانتی‌متر) در تیمار تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در شاهد به‌دست آمد که قطر سیر به‌میزان ۹۷/۲ درصد افزایش داشت (شکل ۴).



شکل ٤- اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر قطر سیر

Fig. 4- Effect of intraction density and nutrition on garlic diameter

garlic diameter Last Significant Differnce 0.098 (LSD 0.05)

در تفسیر نتیجه حاصل از افزایش میزان قطر سیر در تراکم‌های مختلف کاشت و تغذیه، می‌توان اظهار داشت که برتری میزان قطر سیر در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ می‌تواند به‌دلیل بهبود رشد رویشی و همچنین دسترسی کافی بوته‌ها به نور و عناصر غذایی در خاک مزرعه باشد. با افزایش تراکم بوته‌ها در واحد سطح، قطر سیر نیز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در این خصوص می‌توان چنین بیان داشت که رقابت بین بوته‌ها جهت دریافت مواد فتوسنتزی می‌تواند موجب کاهش کارآیی فعالیت بوته‌ها برای نمو ساقه و برگ‌ها گردد که در نتیجه، موجب کاهش قطر سیر خواهد شد.

دیگر پژوهشگران نیز گزارش نمودند که افزایش تراکم، باعث کاهش وزن تر و خشک سیر، قطر و وزن خشک سیرچه در سیر و

افزایش ارتفاع و عملکرد سیر و تعداد سیرچه در سیر گردید (Akbari et al., 2016b) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

کاربرد اسید هیومیک در کنار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ توانست از طریق بهبود خصوصیات کمّی بوته‌ها نظیر ارتفاع بوته، قطر ساقه و همچنین افزایش تعداد برگ‌های فعال، کارآیی جامعه گیاهی را در طول فصل رویش بهبود بخشد که در نتیجه، موجب افزایش قطر سیر به‌ترتیب به‌میزان (۶۴/۷، ۴۵/۷ و ۴۲/۲ درصد) در تراکم‌های مختلف کاشت ۳۲ (۷/۳ سانتی‌متر)، ۴۲ (۶/۵ سانتی‌متر) و ۵۲ (۶/۳ سانتی‌متر) بوته در مترمربع نسبت به تیمار تراکم کاشت ۳۲ (۴/۴۳ سانتی‌متر) بوته در مترمربع و عدم کاربرد اسید هیومیک و کود کامل ریزمغذی (با کمترین میزان قطر سیر) شده است (شکل ۴). این نتایج بیانگر آن است که فراهمی عناصر غذایی در محیط رشد گیاه سیر، علاوه‌بر ایجاد شرایط مناسب برای رشد مطلوب بوته‌ها، می‌تواند اثر کاهشی افزایش تراکم را بر خصوصیات زراعی این گیاه مانند قطر سیر به‌میزان چشمگیری جبران کند. در این خصوص همچنین عبدل-رزاک و ال- شرکاوی (Abdel-Razzak & El-Sharkawy, 2013) نیز بیان داشتند که کاربرد کود زیستی (Halex-2) به همراه محلول-پاشی اسید هیومیک موجب افزایش معنی‌دار رشد، عملکرد کیفی، خاصیت انبارداری و همچنین قطر سیر در مقایسه با شاهد شد.

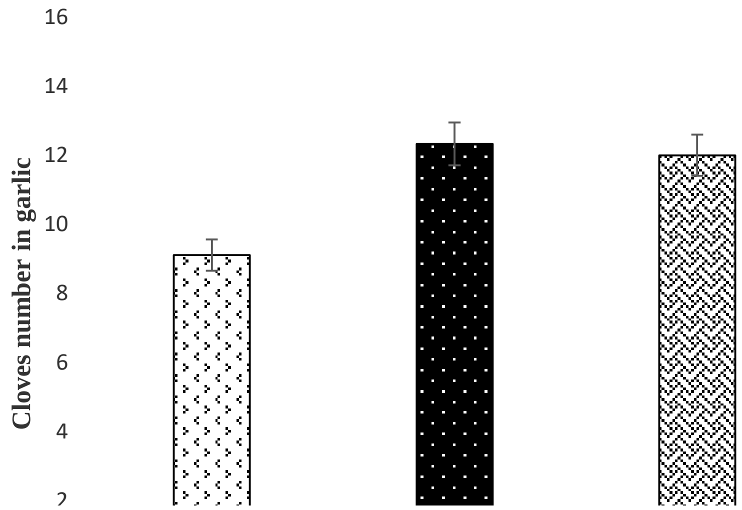
تعداد سیرچه در سیر

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، تغذیه ($p\leq ۰/۰۱$) بر تعداد سیرچه در سیر اثرگذار بود (جدول ۴). تعداد سیرچه در سیر تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت قرار نگرفت که احتمالاً این صفت به‌عنوان یکی از صفات اجزاء عملکرد سیر، بیشتر تحت تأثیر اکوتیپ و شرایط تغذیه‌ای گیاه است و نسبت به محیط و فاصله کاشت روند ثابتی را به لحاظ کمیت نشان می‌دهد که این نتیجه با نتایج آزمایش اکبری و همکاران (Akbari et al., 2016a) مطابقت دارد؛ امّا تعداد سیرچه در سیر در سطوح مختلف تغذیه افزایش یافت؛ مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که بین سطوح مختلف تغذیه به لحاظ افزایش تعداد سیرچه در سیر تفاوت معنی‌داری وجود دارد. به طوری‌که بیشترین تعداد سیرچه در سیر (۱۴/۰۰ سیرچه) در تیمار کاربرد همزمان اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد که نسبت به کمترین میزان آن (۹/۱۱ سیرچه) در شاهد به‌میزان ۵۳/۶ درصد افزایش داشت (شکل ۵). در خصوص اثر توأم به‌کارگیری اسید هیومیک و کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ می‌توان بیان داشت که افزایش قابلیت دسترسی و همچنین فراهم بودن عناصر غذایی مختلف مورد نیاز برای رشد مطلوب بوته‌ها، موجب بهبود توسعه ریشه و همچنین خصوصیات رشدی گیاه مانند توسعه اندام‌های هوایی گردید؛ که در نتیجه توانست تعداد سیرچه در سیر را افزایش دهد. در این خصوص دارابی و دهقانی (Darabi & Dehghani, 2010) بیان داشتند که تعداد سیرچه موجود در سوخ از عوامل مهم در بازارپسندی سیر می‌باشد و با زیاد شدن تعداد سیرچه از بازارپسندی محصول به‌طور قابل توجهی کاسته خواهد شد. با توجه به یافته‌های این پژوهش، فراهمی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف به‌صورت متعادل و براساس شرایط خاک مزرعه مورد کشت در کنار به‌کارگیری اسید هیومیک، می‌تواند تا حد چشمگیری موجب افزایش تعداد سیرچه در سیر با حفظ کیفیت بازارپسندی آن گردد. در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام شده، نتایج مشابهی توسط سایر محققان در رابطه با اثر تراکم کاشت و تغذیه گیاه سیر با کاربرد اسید هیومیک گزارش‌شده است (Zeinali & Moradi., 2015; Shafeek Muneer et al., 2017; et al., 2015) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

وزن سیر

نتایج تجزیه واریانس آزمایش (جدول ۴) نشان داد که اثر تراکم کاشت، تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۰۱$) بر وزن سیر اثرگذار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر وزن سیر بود، به‌طوری‌که بیشترین وزن سیر (۸۶/۳۳ گرم) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در تغذیه گیاه سیر با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ و کمترین آن (۳۳/۵۶ گرم) در تیمار ۵۲ بوته در مترمربع در شاهد، مشاهده شد (شکل ۶). با افزایش تراکم کاشت وزن سیر به‌طور نسبی کاهش یافت، بیشترین وزن سیر در هر بوته در تیمارهایی که با تراکم پایین‌تر کاشته شده بود به‌دست آمد. متوسط وزن سیر در تراکم کاشت ۴۲ بوته در مترمربع بود، به این ترتیب که وزن سیر در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع و کاربرد همزمان اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ در حدود ۸۶/۳۳ گرم به‌ترتیب ۳۹/۱ و ۸۱/۷ درصد بیشتر از تراکم‌های کاشت ۴۲ و ۵۲ بوته در مترمربع بود (شکل ۶). کاربرد اسید هیومیک در کنار کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ توانست وزن سیر را در تیمارهای مختلف تراکم کاشت ۲۳، ۴۲ و ۵۲ بوته در

مترمربع به‌ترتیب ۵۱/۸، ۶۰ و ۷۰/۶ درصد نسبت بـه شـاهد افـزایش دهد (شکل ۶).

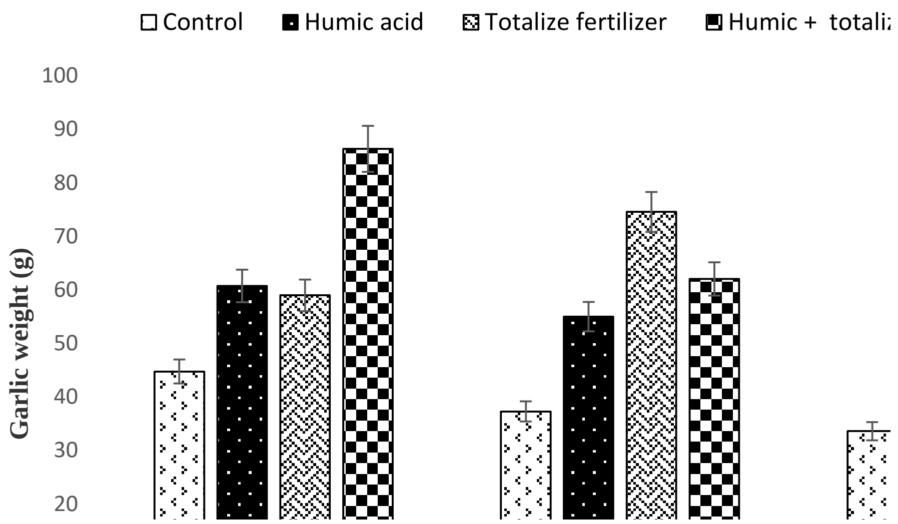


شکل ۵- اثر ساده تغذیه بر تعداد سیرچه در سیر

Fig. 5- Main effect of nutrition on cloves number in garlic

cloves number in garlic Last Significant Differnce 2.84 (LSD 0.05).

به نظر می‌رسد که ایجاد شرایط مناسب تغذیه‌ای برای گیاه سـیر در ابتدای فصل رشـد توانسـت موجـب بهبـود خصوصـیات رشـدی و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های اقتصـادی گـردد کـه در نتیجه، وزن سیر در تیمارهای مختلف تغذیه به‌طور معنی‌دار نسبت بـه شاهد افزایش یافت. تغذیه مناسب گیاه سیر با افزایش قطر و همچنین تعداد سیرچه در سیر توانست در نهایت، وزن سیر را بـه‌طور معنـی‌دار تحت تأثیر قرار دهد که این افزایش وزن سیر می‌تواند موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد نهایی محصول تولیـدی در زراعـت ایـن گیـاه گردد. در این خصوص گزارش شـده اسـت کـه تغذیـه گیـاه زعفـران (*Crocus sativus* L.) توسط اسید هیومیک ضمن تقویـت بنـه‌هـای خواهری بر تولید گل و کلاله زعفران اثرات قابـل ملاحظـه‌ای بـر جـا گذاشت (Koocheki et al., 2016) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ٦- اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر وزن سیر

Fig. 6- Effect of intraction density and nutrition on garlic weight
garlic weight Last Significant Differnce 8.71 (LSD 0.05)

عملکرد سیر

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس این آزمایش نشان داد که تراکم کاشت، تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه به‌طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۰۱$) بر عملکرد سیر اثرگذار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان عملکرد سیر به‌ترتیب (۲۵۷۵۶، ۲۴۸۲۱ و ۲۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تراکم کاشت ۴۲ بوته در مترمربع در تغذیه با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰؛ تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در تیمار تغذیه با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰؛ و تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد، که همگی در یک کلاس آماری (A) قرار گرفتند؛ که نسبت به عملکرد سیر در شاهد برای تراکم کاشت ۴۲ و ۵۲ بوته در مترمربع (۱۵۶۵۲ و ۱۷۴۵۴ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب به‌میزان ۶۴/۵، ۴۲/۲ و ۴۱/۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۷). در این بررسی کمترین عملکرد سیر نیز (۱۴۳۱۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در شاهد به‌دست آمد (شکل ۷).

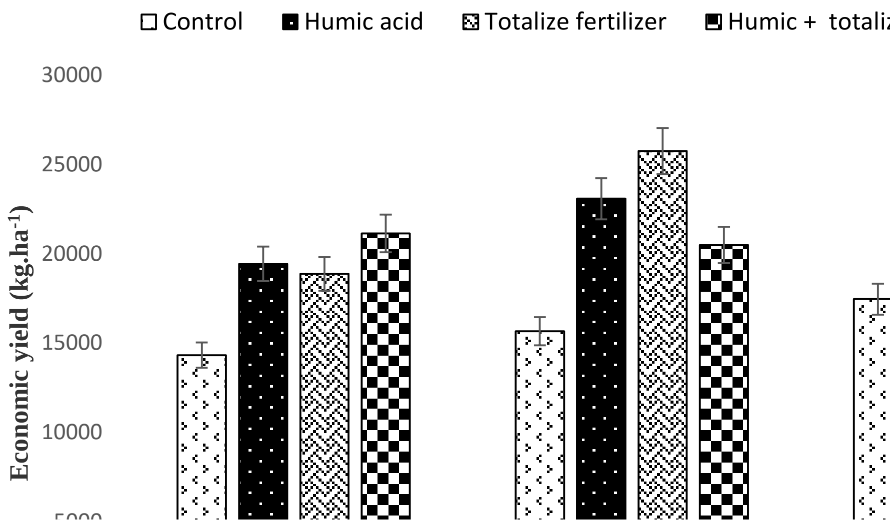
کمتر بودن مقدار اجزاء عملکرد در تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع می‌تواند به‌دلیل پایین بودن قدرت رقابتی گیاه سیر نسبت به سایر گیاهان زراعی در دستیابی به منابع محیطی به‌ویژه نور خورشید و همچنین سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر باشد که این نتایج با نتایج اسماعیلیان و همکاران (Esmaeilian et al., 2022) مطابقت دارد. این محققان دلیل کاهش عملکرد و خصوصیات زراعی سیر را در کاشت متراکم، به اثرات رقابتی به‌ویژه سایه‌اندازی بوته‌ها بر یکدیگر نسبت دادند که از طریق کاهش فتوسنتز، کاهش معنی‌دار عملکرد سیر را به همراه داشته است (Esmaeilian et al., 2022; Akbari et al., 2016a).

در تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع اگرچه وزن سیر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، امّا به‌دلیل افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح، عملکرد سیر نیز نسبت به تراکم‌های کاشت ۳۲ و ۴۲ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۶۹/۲ و ۷۵/۹ درصد افزایش داشت (شکل ۷) که با نتایج اکبری و همکاران (Akbari et al., 2016a)، خدادادی و نصرتی (Khodadadi & Nosrati, 2011) و دارابی و دهقانی (Darabi & Dehghani, 2010) در رابطه با افزایش عملکرد سیر تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت مطابقت دارد.

نتایج آزمایش نشان‌دهنده عملکرد بالاتر سیر در تراکم‌های کاشت ۳۲، ۴۲ و ۵۲ بوته در مترمربع در شرایط تغذیه با اسید هیومیک و کود کامل ریزمغذی به‌صورت جداگانه و ترکیب با هم نسبت به شاهد (بدون مصرف اسید هیومیک و کود کامل ریزمغذی) است که نشان‌دهنده فراهم شدن شرایط رشد و تغذیه‌ای بهتر برای بوته‌ها و شدت رقابت کمتر درون گونه‌ای برای افزایش رشد و عملکرد سیر بوده است.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (شکل ۷)، در تراکم ۴۲ بوته در مترمربع و کاربرد توأم اسید هیومیک و کود کامل، عملکرد کل از تراکم ۵۲ و ۳۲ بوته در مترمربع کمتر شده است که احتمالاً به‌دلیل افزایش بیشتر رشد ریشه، تعداد برگ، قطر ساقه و قطر سیر در این تیمار نسبت به سایر تیمارها بوده است که در نتیجه این افزایش خصوصیات زراعی، بوته‌ها برای تولید نهایی با کمبود عناصر غذایی عرضه شده در خاک مزرعه مواجه شده‌اند و عملکرد کل نیز نسبت به این تیمارها کاهش داشته است.

به‌طور کلی، این نتایج نشان می‌دهد که تغذیه، رشد و عملکرد گیاه سیر را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. به نظر می‌رسد که تغذیه گیاه سیر توانسته است از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای و اندام‌های هوایی و همچنین بهبود جذب آب، فراهمی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و نیز تراکم مطلوب بوته‌ها برای استفاده حداکثر از منابع موجود، موجب بهبود رشد و خصوصیات زراعی مانند قطر و وزن سیر و در نتیجه افزایش تولید و عملکرد گیاه سیر گردد. دیگر پژوهشگران نیز بیان داشتند که خصوصیات رشد و عملکرد گیاه سیر و زعفران به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شرایط تغذیه‌ای و کاربرد اسید هیومیک قرار می‌گیرد (Amin et al., 2017; Koocheki et al., 2016; Abdel-Razzak & El-Sharkawy, 2013; Zeinali & Moradi, 2015; Ahmadi et al., 2017; Shafeek et al., 2015)که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.



شکل ۷- اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر عملکرد سیر

Fig. 7- Effect of intraction density and nutrition on garlic yield

garlic weight Last Significant Differnce 3469.6 (LSD 0.05)

همبستگی صفات

بررسی همبستگی صفات (جدول ۵) نشان داد که همبستگی مثبت و قوی (p≤ ۰/۰۱) بین صفات قطر سیر و همچنین وزن سیر با عملکرد سیر وجود دارد. بین صفات ارتفاع بوته با قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، قطر سیر (p≤ ۰/۰۱)، تعداد سیرچه در سیر (p≤ ۰/۰۵) و همچنین وزن سیر (p≤ ۰/۰۱)؛ قطر ساقه با تعداد برگ در بوته، قطر سیر (p≤ ۰/۰۱)، تعداد سیرچه در سیر (p≤ ۰/۰۵) و همچنین وزن سیر (p≤ ۰/۰۱)؛ تعداد برگ در بوته با قطر سیر، تعداد سیرچه در سیر و وزن سیر (p≤ ۰/۰۱)؛ قطر سیر با تعداد سیرچه در سیر و همچنین وزن سیر (p≤ ۰/۰۱)؛ تعداد سیرچه در سیر با وزن سیر (p≤ ۰/۰۱) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بنابراین، صفات زراعی مهم و تأثیرگذار در تعیین عملکرد نهایی گیاه سیر به‌ترتیب قطر سیر و وزن سیر می‌باشند (شکل ۸).

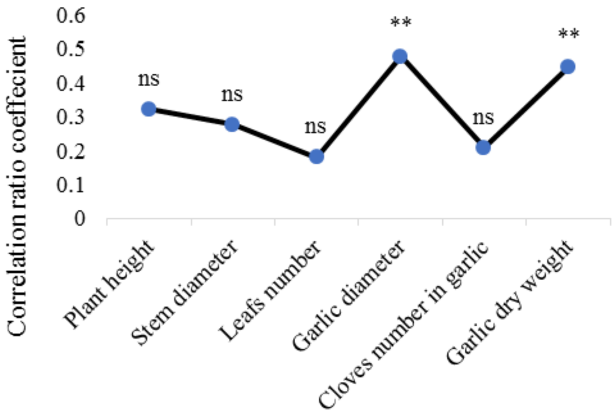
جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه گیاه سیر

Table 5- Correlation coefficients between studied traits of garlic plant

ردیف No.		1	2	3	4	5	6	7
1	ارتفاع بوته Plant height (cm)	1						
2	قطر ساقه Stem diameter (cm)	0.580 **	1					
3	تعداد برگ Leafs number	0.465 **	0.658 **	1				
4	قطر سیر Garlic diameter (cm)	0.565 **	0.711 **	0.696 **	1			
5	تعداد سیرچه در سیر Cloves number in garlic	0.384 *	0.407 *	0.566 **	0.585 **	1		
6	وزن سیر Garlic weight (g)	0.516 **	0.653 **	0.661 **	0.665 **	0.547 **	1	
7	عملکرد سیر Garlic yield (kg.ha^{-1})	0.322 ns	0.276 ns	0.181 ns	0.477 **	0.209 ns	0.445 **	1

**: معنی‌دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۱)؛ *: معنی‌دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۵) و ns: غیرمعنی‌دار.

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05; **, significant at P≤0.01.



شکل ۸- همبستگی بین عملکرد سیر و خصوصیات مورد مطالعه گیاه سیر

Fig. 8- Coefficients of correlation between garlic yield and studied traits of garlic plant

**، معنی‌دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۱)؛ *، معنی‌دار در سطح احتمال (p≤ ۰/۰۵) و ns، غیرمعنی‌دار.

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05; **, significant at P≤0.01.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که گیاه سیر به تراکم‌های مختلف کاشت و تغذیه، پاسخ متفاوتی نشان می‌دهد. افزایش تراکم کاشت موجب کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، قطر سیر، تعداد سیرچه در سیر و وزن سیر شد. امّا عملکرد سیر در تراکم‌های بالاتر به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح افزایش یافت. کیفیت محصول تولیدی به لحاظ بازارپسندی تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت تا حد زیادی تفاوت نشان داد. همچنین خصوصیات مورد مطالعه، پاسخ مثبت و معنی‌داری را نسبت به تیمارهای مختلف تغذیه نشان داد. اگرچه کیفیت و اندازه سیرچه‌های تولید شده تحت تأثیر افزایش تراکم کاشت این گیاه پایین‌تر بود، امّا ایجاد شرایط تغذیه‌ای مناسب برای این گیاه توانست تا حد زیادی صفات مهم در تعیین بازارپسندی و ارزش اقتصادی محصول مانند قطر، تعداد سیرچه و وزن سیر را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد. یافته‌ها نشان داد که تغذیه اهمیت زیادی در بهره‌وری گیاه سیر دارد و همراه با مدیریت خوب (مبارزه به‌موقع با بیماری‌ها و آفات) و همچنین رعایت تراکم مطلوب بین بوته‌ها، عملکرد سیر و همچنین کیفیت سیرچه‌های تولیدی را به لحاظ وزنی به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که:

۱- اثر تراکم بوته بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود و بلندترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ بود.

۲- قطر ساقه گیاه سیر به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تراکم کاشت و تغذیه قرار گرفت که بیشترین میزان قطر ساقه در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در شرایط تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد.

۳- اثر تراکم کاشت، تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر تعداد برگ در بوته گیاه سیر اثرگذار بود. بیشترین شمار برگ در بوته در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع و کاربرد همزمان اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ مشاهده شد.

۴- اثر تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه بر قطر سیر معنی‌دار بود، بیشترین میزان قطر سیر در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در تغذیه با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد.

۵- تغذیه بر تعداد سیرچه در سیر اثرگذار بود و تعداد سیرچه در سیر تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت قرار نگرفت، و بیشترین تعداد سیرچه در سیر در تیمار کاربرد همزمان اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد.

۶- اثر تراکم کاشت، تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه به‌طور معنی‌داری بر وزن سیر اثرگذار بود، بیشترین وزن سیر در تیمار تراکم کاشت ۳۲ بوته در مترمربع در تغذیه گیاه سیر با اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ مشاهده شد.

۷- تراکم کاشت، تغذیه و همچنین اثر متقابل تراکم کاشت و تغذیه به‌طور معنی‌داری بر عملکرد سیر اثرگذار بود، بیشترین عملکرد

سیر به‌میزان ۲۵۷۵۶، ۲۴۸۲۱ و ۲۴۷۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در تیمارهای تراکم کاشت ۴۲ بوته در مترمربع در تغذیه با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰؛ تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در تغذیه با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰؛ و تراکم کاشت ۵۲ بوته در مترمربع در تغذیه توأم اسید هیومیک + کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ به‌دست آمد که همگی در یک کلاس آماری قرار گرفتند.

با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان برای دستیابی به عملکرد اقتصادی مناسب و همچنین بهبود سایر صفات زراعی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در بوته، قطر سیر، تعداد سیرچه و وزن سیر، زراعت این گیاه را در شرایط آب‌وهوایی منطقه بیران‌شهر لرستان و مناطقی با اقلیم مشابه کشاورزی، با رعایت تراکم بوته مناسب و نیز کاربرد اسید هیومیک + کود کامل حاوی عناصر پرمصرف و کم-مصرف، در جهت حفظ پایداری در کشاورزی و همچنین افزایش سلامت محصول تولید شده در این گیاه باارزش توصیه نمود.

References

1. Abdel-Razzak, H.S., & El-Sharkawy, G.A. (2013). Effect of biofertilizer and humic acid application on growth, yield, quality and storability of two garlic (*Allium Sativum* L.) cultivars. *Asian Journal of Crop Science*, *5*(1), 48-64. https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.48.64
2. Abreham, M., Bizuayehu, T., & Essubalew, G. (2014). Growth and bulb yield garlic varieties affected by nitrogen and phosphorus application at Mesqan Woreda, South Central Ethiopia. *Sky Journal of Agricultural Research*, *3*(11), 201-207. https://doi.org/249.255/sjar.2014.201.207
3. Akbari, S., Kafi, M., & Rezvan Beidokhti, S. (2016a). The effects of drought stress on yield, yield components and anti-oxidant of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities. *Journal of Agroecology*, *8*(1), 95-106. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V8I1.47373
4. Akbari, S., Kafi, M., & Rezvan Beidokhti, S. (2016b). Effect of Drought Stress on Growth and Morphological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes in Different Planting Densities. *Journal of Agroecology*, *9*(2), 559-574. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v9i2.62141
5. Alam, M.N., Abedin, M.J., & Azad, M.A.K. (2010). Effect of micronutrients on growth and yield of onion under calcareous soil environment. *International Research Journal of Plant Science*, *1*(3), 056-061. https://doi.org/20.122895/IJB.N895.101-120
6. Amin, Z., Fallah, S., & Abbasi Surki, A. (2017). The effect of type and application method of fertilizer treatments on growth and yield of medicinal garlic. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(1), 185-203. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/GSC.V15I1.51177
7. Ahmadi, F., Aminifard, M. H., Khayyat, M., & Samadzade, A. R. 2017. Effects of different humic acid levels and planting density on antioxidant activities and active ingredients of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, *5*(1), 61-71. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2017.40889
8. Bohme, M., & Thi Lua, H. (1997). Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. *Acta Horticulturae*, *450*,161-168. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.450.18
9. Carson, J.F. (1987). Chemistry and biological properties of onions and garlic. *Food Reviews International*, *3*, 1–103. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.450.18
10. Darabi, A., & Dehghani, A. (2010). Effect of planting date and planting density on yield, yield components and rust disease severity in Ramhormoz selected garlic in Behbahan region. *Seed and Plant Production*, *26*(1), 43-55. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110393
11. Diriba-Shiferaw, G., Nigussie-Dechassa, R., Woldetsadik, K., Getachew, T., & Sharma, J.J. (2013). Growth and nutrients content and uptake of garlic (*Allium sativum* L.) as influenced by different types of fertilizers and soils. *Science, Technology and Arts Research Journal*, *2*(3), 35-50. https://doi.org/10.4314/star.v2i3.98727
12. El-Sabban, F., & H. Abouazra. (2008). Effect of garlic on atherosclerosis and its factors. *EMHJ-Eastern Mediterranean Health Journal*, *14*(1), 195-205. https://doi.org/10665/117426
13. Esmaeilian, Y., Eshghizadeh, M., & Tavassoli, A. (2022). Agronomic and economic evaluation of intercropping systems of barley (*Hordeum vulgare*) with tow medicinal plants, fenugreek (*Trigonella foenum fraecum*) and garlic (*Allium sativum*). *Journal of Agroecology*, *14*(3), 467-484. https://doi.org/10.22067/agry.2021.20274.0
14. Etoh, T., & Simon, P.W. (2002). Diversity, fertility and seed production of garlic: 101-117. In: Rabinowitch, H.D. and Currah, L., (Eds.). Allium Crop Science: Recent Advances. CABI, Wallingford, UK, 528 p.

https://doi.org/10.1079/9780851995106.010

15. Fernandes, L. J. C., R. L. Villas Bôas, C. Backes, C. P. Lima., & L. T. Büll. (2011). Contribution of nitrogen concentrations in garlic cloves treated with doses of N in side dressing. *Horticultura Brasileira*, *29*(11), 26-31. https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000100005
16. Food and Agricultural Organization, FAO. (2003). Global review of area and production of garlic, 135-139.
17. Ghasemi, K., Akbarpour, V., & Mohammadi, M. (2020). Morphological and phytochemical response of garlic (*Allium sativum*) to sulphur, himic acid and vermiwsh nutrition. *Journal of horticultural plant nutrition*, *3*(1), 23-36. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22070/HPN.2020.4573.1032
18. Geremew, A., Teshome, A., Kasaye, T., & Amenti, C. (2010). Effect of intra-row spacing on yield of three onion (*Allium cepa* L.) varieties at Adami Tulu Agricultural Research Center (Mid Rift valley of Ethiopia). *Journal of Horticulture and Forestry*, *2*(1), 007-011. https://doi.org/21.200697/JHF.2010.007-011
19. Hacıseferogullari, H., Ozcan, M., Demir, F., & Calisir, S. (2005). Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Food Engineering*, *68*(2005), 463–469. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.06.024
20. Khodadadi, M., & Nosrati, A.E. (2011). Effect of sowing date and planting density on yield and yield components of white garlic of Hamadan. *Seed and Plant Production*, *27*(4), 491-500. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/SPPJ.2017.110450
21. Khorramdel, S., & Shoorideh, H. (2012). Effect of different nitrogen fertilizer and various mulches rates on yield and yield component of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Agroecology (Quarterly)*, *4*(4), 316-326. https://doi.org/10.22067/JAG.V4I4.17815
22. Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., & Ehyaei, H.R. (2016). Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, *7*(4), 425-442. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V7I4.53822
23. Leisova-svobodova, L., Stavelikova, H., & Zamecnik, J. (2023). Evaluation of genetic diversity and phenotypic description of garlic (*Allium sativum* L.) from the Czech field collection. *Scientia Horticulturae*, *323*(1), 112506. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112506
24. Muneer, N., Hussain, M., Ahmad, M.J., Khan, N., Hussain, N., & Hussain, B. (2017). Effect of planting density on growth, yield and quality of garlic at Rawalakot, Azad Kashmir. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, *10*(1), 42-51. https://doi.org/10.222370/ijaar. 2017.42-51
25. Moghbeli, T., & Arvin, M.J. 2014. Effect of seed preparation with growth regulators on germination, growth and yield of melon fruit. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, *4*(14), 23-33. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/jppahp.2014.561148.23-33
26. Nori, M., Bayat, F., & Esmaeili, A. (2012). Changes of vegetative growth indices and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in different sources and levels of nitrogen fertilizer. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(18), 1394-1400. https://doi.org/10.22034/IUVS.2015.15357
27. Rahman, A.K.M., & Talukdar, MP. (2003). Influence of date of planting and plant spacing on the growth and yield or garlic. Bangladesh Journal of Agriculture 11(2): 19-26. https://doi.org/10.22271/bja.2003.v9.i1an.11664
28. Rahman, M.M., Fazlic, V., & Saad, N.W. (2012). Antioxidant properties of raw garlic (*Allium sativum*) extract. *International Food Research Journal*, *19*(2), 589-591. https://doi.org/10.47836/ifrj.30.5.01
29. Russo, R.O., & Beriyn, GP. (1990). The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, *1*(2), 19-42. https://doi.org/10.1300/J064v01n02_04
30. Ryan, J. (2008). A perspective on balanced fertilization in the Mediterranean region. *The Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *32*(2), 79-89. https://doi.org/10.4522/tjaf.322.79-89
31. Sedaghati, A.R., Kafi, M., Rezvan Bidokhti, Sh., & Akbari, S. (2016b). Effects of planting date and density on yield and yield components and allicin content of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, *31*(6), 1024-1034. In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2016.105891
32. Shafeek, M.R., Aisha, H., Asmaa, R.A., Magda, M., Hafez, M., & Fatma, A.R. (2015). Improving growth and productivity of garlic plants (*Allium sativum* L.) as affected by the addition of organic manure and humic acid levels in sandy soil conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *4*(9), 644-656. https://doi.org/10.1016/j.cmas.2015.137809

33. Souza, R. J., Macêdo, F. S., Carvalho, J. G., Santos, B. R., &. Leite, L. V. R. (2011). Absorption march of nutrients in vernalized garlic originated from tissue culture cultivated under nitrogen doses. *Horticultura Brasileira*, *29*(1), 498-503. https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400009
34. Trani, P. E., Camargo, M. S., Foltran, D. E., Hiroce, R., Arruda, F. B., & Sawazaki, H. E. (2008). Yield and lateral shoot growing of garlic influenced by nitrogen, potassium and mulching. *Horticultura Brasileira*, *26*(8), 330-334. https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000300008
35. Yousif, K.H. (2018). Effect of humic acid and seaweeds extracts on growth, yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Universityof Duhok*, *21*(1), 8-18. https://doi.org/10.26682/avuod.2019.21.1.2
36. Zaki, H., Toney, H., & Abd Elraouf, R. (2014). Response of two garlic cultivars (*Allium sativum* L.) to inorganic and organic fertilization. *Journal of Nature and Science*, *12*(10), 52-60. https://doi.org/ 10.1210/jnc.2014.52-60
37. Zaman, M., Hashem, M., Jahiruddin, M., & Rahim, M. (2011). Effect of nitrogen for yield maximization of garlic in old Brahmaputra flood plain soil. *Bangladesh Journal and Agricultural Research*, *36*(2), 357-367. https://doi.org/10.3329/bjar.v36i2.9263
38. Zeinali, A., & Moradi, P. (2015). The effects of humic acid and ammonium sulfate foliar spraying and their interaction effects on the qualitative and quantitative yield of native garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, *4*(12), 205-211. https://doi.org/10.209042/jaebs.74.205-211